



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 27 DEC. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M+Leuc', is written over a horizontal line.

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

16 FEV 2001

Réservé à l'INPI

REMISE EN DÉPÔT	16 INPI PARIS
DATE	
LIEU	0102139
N° D'ENREGISTREMENT	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	

DB 540 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier :</b> (facultatif)		B 13768.3 JCI DD 2172	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom		LEHU	
Prénom		Jean	
Cabinet ou Société		BREVATOME 422-5/S002	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7068	
Adresse	Rue	3, rue du Docteur Lancereaux	
	Code postal et ville	75008	PARIS
N° de téléphone (facultatif)		01 53 83 94 00	
N° de télécopie (facultatif)		01 45 63 83 33	
Adresse électronique (facultatif)		brevets.patents@spi-brevatome-groupe.fr	
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>	
J. LEHU		 	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**PROCÉDÉ D'ESTIMATION D'UN RAYONNEMENT DIFFUSÉ,  
NOTAMMENT AFIN DE CORRIGER DES MESURES EN RADIOGRAPHIE**

**DESCRIPTION**

5                   Le sujet de cette invention est un procédé  
d'estimation d'un rayonnement diffusé, dont  
l'application principalement envisagée est la  
correction de radiographies.

10                   L'utilisation d'un rayonnement conique,  
très fréquente en radiographie, présente l'inconvénient  
de produire un rayonnement diffusé important à travers  
l'objet examiné. En d'autres termes, chacun des  
détecteurs situés derrière l'objet reçoit non seulement  
un rayonnement primaire, provenant directement de la  
15 source par un trajet rectiligne et ayant traversé une  
région bien définie de l'objet, mais un rayonnement  
diffusé de provenance indéterminée qui affecte la  
mesure et qu'il serait donc souhaitable de corriger.

                  Plusieurs procédés sont déjà pratiqués.  
20 C'est ainsi que le rayonnement primaire peut être  
mesuré seul si une collimation stricte des détecteurs  
et de la source est faite afin d'intercepter le  
rayonnement diffusé, mais ce procédé nécessite en  
pratique un balayage du faisceau qui est lent à  
25 accomplir, et pendant lequel on doit s'accommoder de  
mouvements du patient si on examine des êtres vivants.

                  On a aussi eu l'idée contraire de ne  
mesurer que le rayonnement diffusé. On dispose pour  
cela un réseau discontinu d'absorbeurs, comme des  
30 billes de plomb, entre l'objet et les détecteurs, pour  
arrêter localement le rayonnement primaire, de sorte

que les détecteurs situés derrière ces absorbeurs ne mesurent que le rayonnement diffusé. Ce procédé appelé « beam stop » donne donc des tables ou nappes bidimensionnelles de valeur de rayonnement diffusé, qu'on complète par interpolation entre les détecteurs placés derrière les absorbeurs. Le rayonnement diffusé ainsi estimé est soustrait du rayonnement total mesuré séparément. Ce procédé est précis mais a l'inconvénient qu'il impose deux irradiations de l'objet et donc un doublement de la dose de rayons qu'il reçoit. Un dernier exemple de méthode de correction du rayonnement diffusé par des moyens matériels comporte l'emploi de grilles anti-diffusantes, mais leur efficacité n'est que partielle ; elle est insuffisante pour un faisceau conique, où le rayonnement diffusé peut être plusieurs fois supérieur au rayonnement primaire.

Enfin, il existe un certain nombre de méthodes numériques pour estimer le rayonnement diffusé, à partir de convolutions ou de déconvolutions des mesures par exemple ; on pourrait aussi citer le brevet français 2 759 800 pour un procédé numérique différent, analytique. Elles sont en général d'emploi délicat car elles dépendent de paramètres choisis par l'utilisateur (noyaux de convolution par exemple) qui ne donnent de bons résultats que dans des situations favorables, comme des petites zones où le rayonnement diffusé est faible, ou des objets au contenu relativement homogène. Il n'existe aucun procédé simple qui permette par exemple de corriger le rayonnement diffusé à travers le thorax ou d'autres grandes zones anatomiques, dont l'examen est fréquent mais qui sont

défavorables pour corriger le rayonnement diffusé en raison de leur volume même et de l'hétérogénéité due à la présence d'une structure d'os complexe et dont la capacité d'atténuation du rayonnement est très  
5 différente de celle des tissus mous.

Mentionnons enfin le brevet américain 6 018 565 pour l'exposé d'une méthode mixte, à « beam stop » et convolution.

Un objet essentiel de l'invention est de  
10 proposer un procédé d'estimation et de correction de rayonnement diffusé qui puisse convenir pour des situations difficiles de radiographie.

Le procédé conforme à l'invention est, sous sa forme la plus générale, un procédé d'estimation d'un  
15 rayonnement diffusé provenant d'un rayonnement initial ayant traversé un objet en subissant une atténuation laissant passer un rayonnement total de mesure, caractérisé par :

- une prise d'une table de mesures d'un  
20 rayonnement diffusé, obtenue en faisant passer le rayonnement initial par un simulacre de l'objet,

- un calcul de coefficients de transposition entre le simulacre et l'objet, d'après le rayonnement initial, le rayonnement total de mesure à  
25 travers l'objet et un rayonnement total de mesure à travers le simulacre;

- et une pondération de la table de mesures avec les coefficients de transposition.

Avantageusement, le simulacre sera un bloc  
30 d'épaisseur constante et en une matière homogène, ayant une atténuation semblable à une matière de base de

l'objet ; en général la prise de table de mesure sera une sélection dans une série de tables de mesures de rayonnement diffusé, obtenues auparavant en faisant successivement passer le rayonnement initial à travers  
5 une série respective de simulacres de l'objet, d'épaisseurs différentes mais constante ; et la sélection sera faite par comparaison d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers l'objet et d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers les  
10 simulacres.

Les coefficients de pondération sont généralement des rapports de valeurs d'une même fonctionnelle calculée pour l'objet et pour le simulacre. La fonctionnelle utilisée peut être égale au  
15 produit du rayonnement total de mesure par le logarithme du rapport de rayonnement total de mesure et du rayonnement initial.

L'invention sera maintenant décrite en référence aux figures, parmi lesquelles :

- 20 - la figure 1 est une vue générale d'une acquisition des mesures ;  
- la figure 2 est une vue d'une acquisition de calibration ;  
- et la figure 3 illustre les étapes du  
25 procédé.

Reportons-nous d'abord à la figure 1, où un tube 1 de rayons X émet un faisceau 2 conique vers un objet 3 à examiner (ici un patient étendu sur une table 4) puis, à travers lui, vers un réseau 5 plan de  
30 détecteurs 6 disposés en matrice. Les détecteurs 6 sont reliés à un appareil d'acquisition 7 et mesurent un

rayonnement diffusé qui se superpose au rayonnement primaire, seul convenable pour la radiographie.

L'estimation du rayonnement diffusé à travers le patient 3 consiste tout d'abord à obtenir  
5 des tables bidimensionnelles ou nappes de rayonnement diffusé obtenues dans des circonstances comparables. Pour cela, on effectue des irradiations d'étalonnage à travers des simulacres 8 de l'objet 30 à examiner, conformément à la figure 2 : les conditions  
10 d'irradiation restent les mêmes, c'est-à-dire qu'on continue d'utiliser le tube 1, le faisceau 2, le réseau 5 de détecteurs 6 et l'appareil d'acquisition 7, le simulacre 8 remplaçant cependant le patient ; on a aussi ajouté une grille 9 de billes 10 de plomb entre  
15 le simulacre 8 et le réseau 5. Il résulte de cette disposition que les rayons 11 passant par les billes 10 sont complètement absorbés et que les régions 12 du réseau 5 situées dans le prolongement de ces rayons 11 ont des détecteurs 6 qui ne mesurent que le rayonnement  
20 diffusé à ces endroits. Il suffit de relever ces valeurs mesurées et d'interpoler entre les régions 12 pour estimer convenablement le rayonnement diffusé issu du simulacre 8 pour tous les détecteurs 6 du réseau 5.

Le simulacre 8 devrait être semblable à  
25 l'objet afin que les rayonnements diffusés par eux fussent identiques. Une similitude parfaite n'est pas réalisable, et c'est pourquoi on se contente d'un simulacre 8 ressemblant à l'objet 3 et dont la nappe associée de rayonnement diffusé sera corrigée  
30 ultérieurement pour évaluer celle de l'objet. En pratique, le simulacre 8 peut être un bloc d'une

matière homogène et qui présente le même coefficient d'atténuation que la matière de base de l'objet 3 : dans le cas d'un corps humain, composé pour l'essentiel de tissu mou, on sait que le plexiglas (polyméthacrylate) convient.

Afin de permettre des mesures variées, on disposera en réalité de plusieurs nappes de rayonnement diffusé, obtenues pour autant de simulacres 8, qui ne différeront que par leur épaisseur et donc par la longueur du trajet parcouru par les rayons 11. Ces nappes seront enregistrées dans une base de données préalablement aux mesures utiles sur les objets 3 radiographiés. pour prendre une nappe de rayonnement diffusé comparable à celle d'un objet 3, on sélectionnera en pratique une des nappes de la base de données ou, mieux, une nappe qu'on aura obtenue par des calculs d'interpolation entre deux de ces nappes. Le critère de sélection pourra être défini au moyen d'un rayon particulier 13 aboutissant à une région 14 du réseau 5 et qui ne passera ni par les absorbeurs 10 de la figure 2, ni par des tissus osseux du patient (ou plus généralement des portions de l'objet 3 dont les propriétés d'absorption sont différentes du matériau du simulacre 8) à la figure 1. Le rayonnement total, primaire et diffusé, reçu par la région 14 après avoir traversé chaque simulacre 8 servira d'index à la table de rayonnement diffusé correspondante, et la table sélectionnée aura l'index à une valeur identique au rayonnement total mesuré à la région 14 à travers l'objet 3. Tout cela correspond au passage de l'état E1



à l'état E2 dans l'organigramme de la figure 3, qu'on commence à commenter.

La suite du procédé consiste essentiellement en la correction de la table du rayonnement diffusée ainsi sélectionnée pour l'ajuster au mieux qu'on puisse espérer à la nappe de rayonnement réellement diffusé par l'objet 3. Pour cela, on se sert de toutes les informations disponibles, c'est-à-dire du rayonnement total reçu par les détecteurs 6 au-delà de l'objet 3 comme du simulacre 8 sélectionné. Ce rayonnement total étant noté  $\Phi_t$ , le rayonnement diffusé  $\Phi_d$ , le rayonnement initial issu du tube 1  $\Phi_0$  et le rayonnement primaire  $\Phi$ , la relation  $\Phi_t = \Phi + \Phi_d$  est respectée.

On est alors aux états E3 et E4 de l'organigramme de la figure 3. Ensuite, on transforme les valeurs des rayonnements totaux  $\Phi_t$  mesurées pour l'objet 3 et le simulacre 8 sélectionné en leur appliquant des fonctionnelles. Plus précisément, il est connu dans l'art que  $\Phi_d$  est proportionnel à  $\Phi \log(\Phi/\Phi_0)$  ; cette relation, qui est appelée la loi de Klein et Nishina, donne une allure générale du rayonnement diffusé, à défaut de son intensité.

Le rayonnement initial  $\Phi_0$  est connu ; le rayonnement primaire  $\Phi$  ne l'est pas, mais on consent à appliquer cette relation de façon approchée en le remplaçant par le rayonnement total  $\Phi_t$ , c'est-à-dire que la fonctionnelle employée associe à chaque valeur mesurée du rayonnement total  $\Phi_t$  la valeur calculée  $\Phi_t \log(\Phi_t/\Phi_0)$ , supposée proche du rayonnement diffusé

$\Phi_d$  à cet endroit ; on est parvenu aux états E5 et E6 de l'organigramme.

L'étape suivante consiste à faire, pour chacun des détecteurs 6, le rapport des valeurs données par la fonctionnelle pour l'objet 3 et le simulacre 8 sélectionné selon la formule

$$K = \frac{\Phi_t \log(\Phi_t / \Phi_o)_{\text{objet}}}{\Phi_t \log(\Phi_t / \Phi_o)_{\text{simulacre}}}$$

Les coefficients de pondération K ainsi obtenus serviront à déformer la nappe de rayonnement diffusé sélectionnée à l'état E2 afin d'estimer celle de l'objet 3. Les résultats constituent encore une table bidimensionnelle ou une matrice ayant des dimensions identiques à celle des tables de rayonnement puisqu'elle est associée au réseau 5 de détecteurs 6. Il est donc possible et avantageux d'effectuer un filtrage numérique spatial de cette matrice en appliquant un filtre passe-bas qui corrige les coefficients K en ne conservant que les fréquences les plus basses de leur variation et de les rendre ainsi probablement plus conformes à la réalité puisque le rayonnement diffusé varie assez lentement d'un point à un autre.

Quand la table des coefficients de pondération définitifs, notés K', a été obtenue (à l'état E7), elle sert à pondérer la table de rayonnement diffusé sélectionnée auparavant à l'état E2, pour obtenir une table de rayonnement diffusé par l'objet 3 (état E8, qui constitue l'estimation recherchée) ; la formule appliquée est  $\Phi_d \text{ objet} = K' \Phi_d \text{ simulacre}$ . Ces valeurs estimées  $\Phi_d$  objet pourront alors être soustraites du rayonnement

total  $\Phi_t$  mesuré par les détecteurs 6 pour estimer le rayonnement primaire  $\Phi$  et obtenir une image radiographique plus précise de l'objet 3.

Ce procédé s'applique aux radiographies à  
5 énergie d'irradiation simple ou multiple ; dans le second cas, il est répété séparément pour chacune des énergies employées.

La fonctionnelle proposée ici n'est pas la seule qu'on puisse employer, et la fonctionnelle plus  
10 simple  $\Phi_d = k\Phi$  (approchée ici encore en  $\Phi_d = k\Phi_t$ ),  $k$  étant une constante, pourrait aussi donner de bons résultats pour estimer  $\Phi_d$ .

# REVENDICATIONS

1. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé provenant d'un rayonnement initial ayant traversé un objet (3) en subissant une atténuation  
5 laissant passer un rayonnement total de mesure, caractérisé par :

- une prise d'une table de mesures d'un rayonnement diffusé, obtenue en faisant passer le rayonnement initial par un simulacre (8) de l'objet,
- 10 - un calcul de coefficients ( $K'$ ) de transposition entre le simulacre et l'objet, d'après le rayonnement initial ( $\Phi_0$ ), le rayonnement total de mesure à travers l'objet ( $\Phi_t$  objet) et un rayonnement total de mesure à travers le simulacre ( $\Phi_t$  simulacre),
- 15 - et une pondération de la table de mesures avec les coefficients de transposition.

2. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le simulacre (8) est un bloc d'épaisseur constante et  
20 en une matière homogène, ayant une atténuation semblable à une matière de base de l'objet.

3. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la prise de table de mesures est une sélection dans une  
25 série de tables de mesures de rayonnement diffusé, obtenues en faisant successivement passer le rayonnement initial à travers une série respective de simulacres de l'objet, qui sont des blocs d'épaisseurs différentes mais constante et en une matière homogène,  
30 ayant une atténuation semblable à une matière de base de l'objet.

4. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la sélection comprend une interpolation entre deux des tables de mesures.

5 5. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que la sélection est faite par comparaison d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers l'objet et d'une valeur du rayonnement total  
10 de mesure à travers les simulacres.

6. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la comparaison est faite pour des rayons identiques (13) du rayonnement initial à travers l'objet et les  
15 simulacres, ne traversant que la matière de base de l'objet.

7. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les coefficients de  
20 pondération sont des rapports de fonctionnelle identiques calculées pour l'objet et pour le simulacre.

8. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 7, caractérisé en ce que les fonctionnelles sont égales au produit du  
25 rayonnement total de mesure par le logarithme du rapport du rayonnement total de mesure et du rayonnement initial.

9. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon l'une quelconque des revendications 1 à  
30 8, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de filtrage passe-bas des coefficients de transposition,

arrangés en une table superposable à la table de mesures.

10. Procédé de radiographie comprenant une étape de correction de mesures de radiographie par une soustraction d'un rayonnement diffusé estimé selon le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

Fig. 1

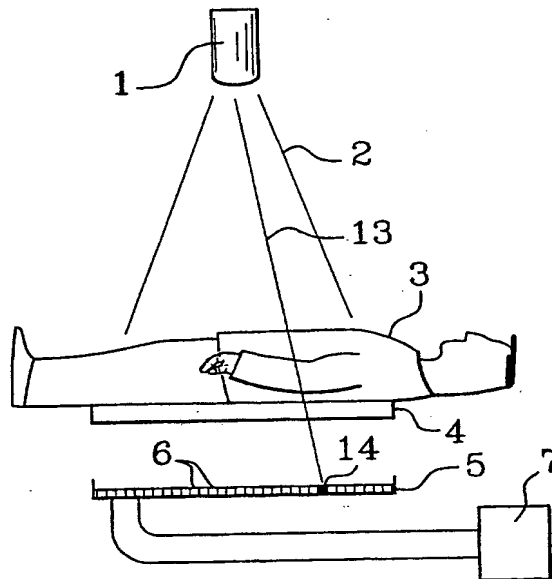
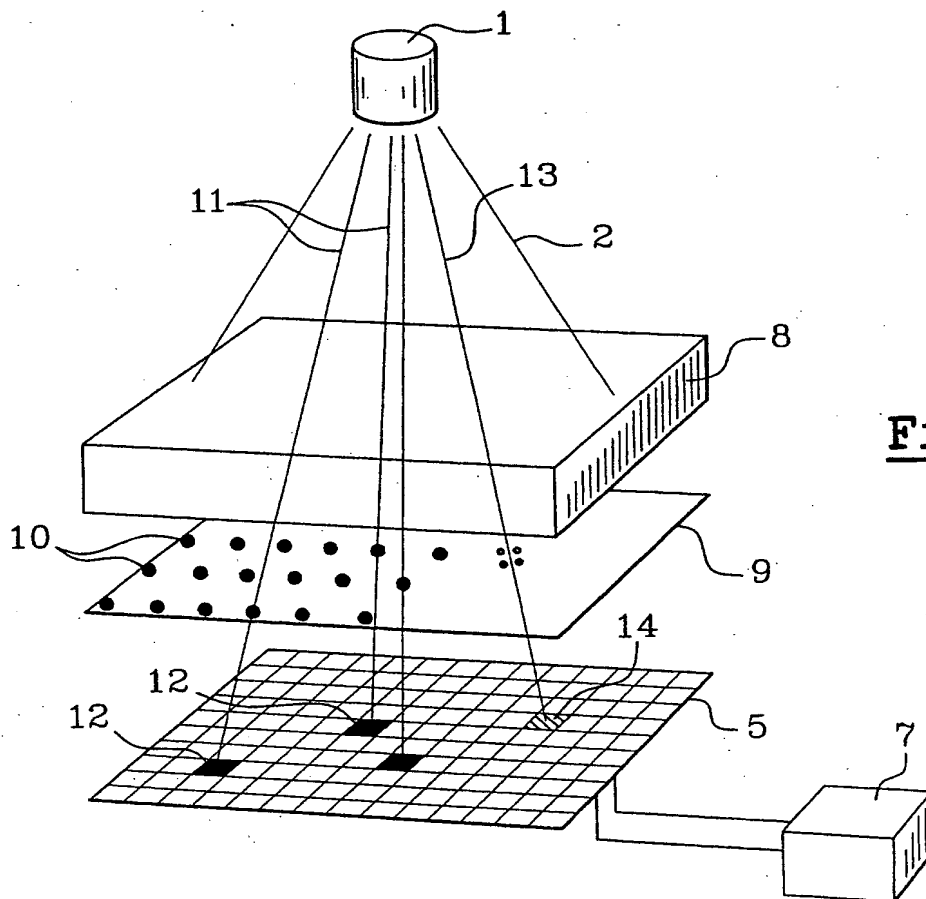
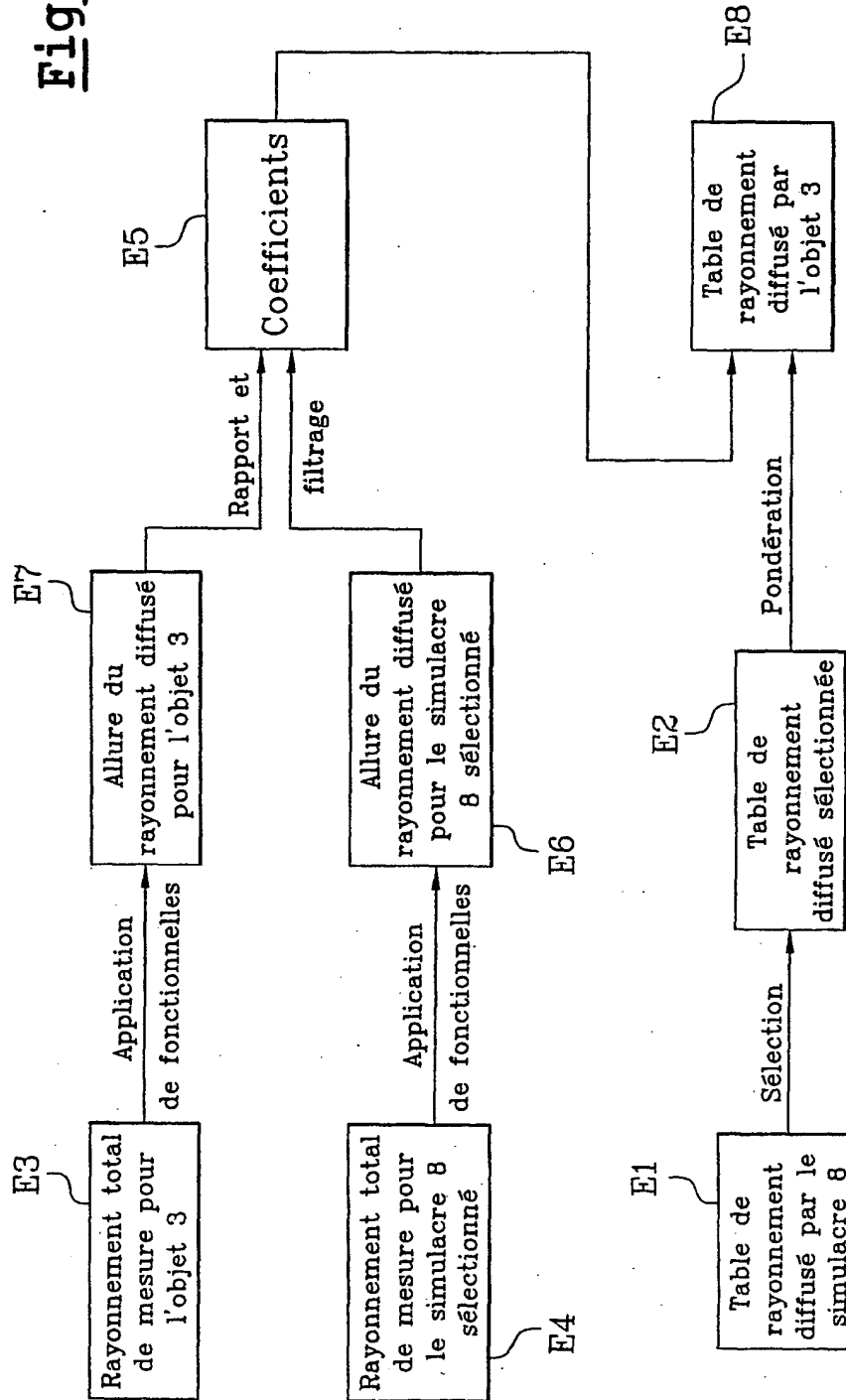


Fig. 2



**Fig. 3**





DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08


Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		B 13768.3/JCI DD 2172	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		01.02139 du 16.02.2001	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE D'ESTIMATION D'UN RAYONNEMENT DIFFUSE, NOTAMMENT AFIN DE CORRIGER DES MESURES EN RADIOGRAPHIE.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31/33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		DARBOUX	
Prénoms		Michel .	
Adresse	Rue	17 rue Aimé Berey	
	Code postal et ville	38000	GRENOBLE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		DINTEN	
Prénoms		Jean-Marc	
Adresse	Rue	138 avenue des Frères Lumière	
	Code postal et ville	69008	LYON
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) PARIS LE 01.03.2001  J. LEHU 422-5 S/002			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.